

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 3128814 A1

⑯ Int. Cl. 3:  
G 01 N 23/225

H 01 J 37/20  
H 01 J 49/14  
H 01 L 21/66

P 31 28 814.6  
21. 7. 81  
10. 2. 83

⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑯ Erfinder:  
Criegern, Rolf von, Dipl.-Phys., 8192 Geretsried 1, DE;  
Weitzel, Ingo, Dipl.-Physiker, 8028 Taufkirchen, DE

⑯ Rechercheergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:

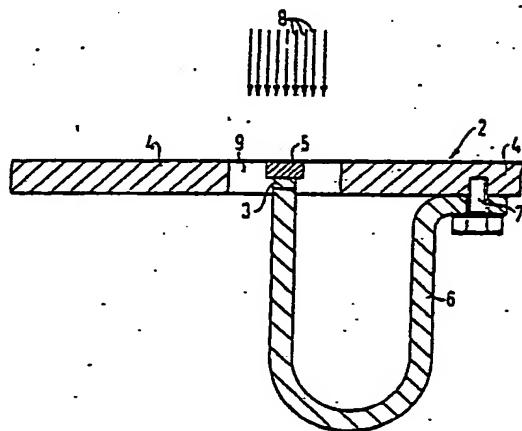
DE-AS 21 52 467  
DE-AS 19 57 311  
US 40 81 674  
US-Z: Journal of Physics E, Vol. 8, Nr. 10, 1975, S. 797-808;  
US-Z: Rev. Sci. Instrum., 44, 1973, S. 1403-1404;  
US-Z: IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 17, No. 4,  
September 1974, S. 1147/1148;

Benfordregisterum

⑯ Elektrisch leitende Probenhalterung für die Analysentechnik der Sekundärionen-Massenspektrometrie

Die Erfindung betrifft eine elektrisch leitende Probenhalterung für die Analysentechnik der Sekundärionen-Massenspektrometrie. Dabei ist der die Probe (5) aufnehmende Probenstiel (2, 12) bezüglich seiner dem Ionenstrahl (8) zugewandten Oberfläche (3, 13) so beschaffen, daß die Probe (5) umgebungsfrei (trägerfrei) voll im Innern des vom Ionenstrahl (8) getroffenen oder überstrichenen Bereiches angeordnet ist. Durch die Schaffung eines sogenannten Loches (9) werden Störeinflüsse, die von einem Kraterrand und von dessen Umgebung kommen können, vollkommen eliminiert. Die Erfindung wird angewendet bei der Tiefenprofilmessung von ionenimplantierten Dotierstoffen in Halbleiterkristallscheiben und zur höchstempfindlichen Spurenanalyse in Festkörpern. (31 28 814)

FIG 1



21.07.81

- 3 - VPA 81 P 7081 DE

Patentansprüche.

1. Elektrisch leitende Probenhalterung für die Analysentechnik der Sekundärionen-Massenspektrometrie, bei der die zu analysierende Probe im Vakuum mit einem Ionenstrahl beschossen wird, hierdurch an der getroffenen Stelle abgetragen wird und die bei der Abtragung entstehenden Sekundärionen in einem Massenspektrometer analysiert werden, gekennzeichnet durch einen, die Probe (5) aufnehmenden Probenteller (2), der bezüglich seiner dem Ionenstrahl (8) zugewandten Oberfläche so beschaffen ist, daß die Probe (5) umgebungsfrei voll im Inneren des vom Ionenstrahl (8) getroffenen oder überstrichenen Bereiches angeordnet ist.

15

2. Probenhalterung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Probenteller (2) aus mindestens zwei, vorzugsweise konzentrisch zueinander angeordneten Teilen (3, 4) besteht, von dem das innerste Teil (3) die Probe (5) trägt und bezüglich seiner räumlichen Ausdehnung kleiner ist als die Probenoberfläche (5), die vom Ionenstrahl (8) getroffen oder überstrichen wird, das äußere Teil (4) mit räumlichem Abstand vom inneren Teil (3) angeordnet ist und daß ein Haltearm (6) vorgesehen ist, der das innere Teil (3) mechanisch und elektrisch mit dem äußeren Teil (4) des Probentellers (2) verbindet (Figur 1).

3. Probenhalterung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Probenteller (2) in seinem inneren Bereich eine Vertiefung (9) aufweist, in deren Zentrum ein stiftförmiges Podest (13) für die zu analysierende Probe (5) angeordnet ist, welches durch eine den Probenteller (12) tragende Grundplatte (15) geführt ist und über die Grundplatte (15) mit dem Probenteller (12) mechanisch und elektrisch verbunden ist (Figuren 2 und 3).

8  
- A - VPA 81 P 70810E

4. Probenhalterung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Podest (13) für die Probe (5) als Zentrierstift (13) ausgebildet und in der Höhe verstellbar ist (Figur 2).

5. Probenhalterung nach Anspruch 3 und/oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefung (9) im Probenteiler (12) mit einer gegenüber der Grundplatte (15) und dem äußeren Randbereich (14) elektrisch isolierten Metallverkleidung (17) versehen ist, die im Bereich des Zentrierstiftes (13) unterbrochen ist (Figuren 2 und 3).

6. Probenhalterung nach Anspruch 5 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das stiftförmige Podest oder der Zentrierstift (13) mit der Probe (9) auf gleiches Potential gelegt ist wie der äußere Bereich (14) des Probentellers (12) (Figuren 2 und 3).

7. Probenhalterung nach Anspruch 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallverkleidung (17) gegenüber dem Probenteller (12) (äußerer Bereich (14) und Stift (13) auf unterschiedliches Potential gelegt ist (Figuren 2 und 3).

8. Verfahren zum Betrieb eines Sekundärionen-Massen-Spektrometers mit einer Probenhalterung (2, 12) nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zu analysierende Probe (5) in vorzugsweise quadratischer Form verwendet wird, wobei die Kantenlänge so bemessen wird, daß die gesamte Probenoberfläche (5) kleiner ist als der vom Ionenstrahl (8) quadratisch überstrichene Bereich (Figur 1).

9. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 8 zur Messung von Tiefenprofilen von ionenimplantierten Bereichen in Halbleiterkristallscheiben.

3128814

21-07-01

3

- 20 - VPA 81P 70810E

10. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 8 zum höchst-  
empfindlichen Nachweis spurenhafter Verunreinigungen  
in Festkörpern.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

4  
Unser Zeichen  
VPA 81 P 7081 DE

5 Elektrisch leitende Probenhalterung für die Analysentechnik der Sekundärionen-Massenspektrometrie.

Die vorliegende Patentanmeldung betrifft eine elektrisch leitende Probenhalterung für die Analysentechnik der 10 Sekundärionen-Massenspektrometrie, bei der die zu analysierende Probe im Vakuum mit einem Ionenstrahl beschossen wird, hierdurch an der getroffenen Stelle abgetragen wird und die bei der Abtragung entstehenden Sekundärionen in einem Massenspektrometer analysiert werden, sowie ein 15 Verfahren zum Betrieb dieser Probenhalterung.

Die Analysenmethode der Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) ist sehr empfindlich. Sie kann Spuren von Verunreinigungen in einem Material bis in den ppm-Bereich, 20 in manchen Fällen bis in den ppb-Bereich, analysieren. Aus diesem Grunde besitzt die SIMS große Bedeutung für die Untersuchung von Halbleiterkristallen, z. B. für die Messung der Konzentration eines ionenimplantierten Dotierstoffes in Abhängigkeit von der Probentiefe. Des 25 weiteren ist diese Technik auch für die allgemeine Spurenanalyse anwendbar.

Für die Erreichung höchster Nachweisempfindlichkeiten ist es erforderlich, Beiträge zum Meßsignal ausschließlich 30 aus dem Mittelbereich der abgetragenen Schicht, dem sogenannten Sputterkrater, zu erfassen und alle Sekundärionen vom Rand des Kraters oder seiner Umgebung von der Messung fernzuhalten.

35 Es ist bekannt (siehe Aufsatz von K. Wittmaack in Appl. Phys. 12, S. 149-156 (1977)), den Ionenstrahl über eine

- 2 - VPA 81 P 7081 DE

quadratische Fläche von z. B.  $1 \text{ mm}^2$  zu rastern und dadurch einen Abtragungskrater mit flachem Boden zu erzeugen. Um Signalbeiträge aus dem Rand des Kraters nicht mitzumessen, wird die Meß erfassung (Impulszählung)

5 elektronisch unterbrochen, sobald der Ionenstrahl einen mittleren Bereich des Kraters ("elektronisches Gate") verläßt. Schnelle Neutralteilchen, die im Ionenstrahl entstehen und die Strahl rasterung nicht mitmachen (weil sie nicht ablenkbar sind), können jedoch vom "elektronischen Gate" nicht daran gehindert werden, Signalbeiträge aus dem Kraterrand oder aus der Umgebung des Kraters auszulösen.

Wie aus einem Aufsatz von K. Wittmaack und J. B. Clegg 15 aus Appl. Phys. Lett. 37 (3) S. 285-287 (1.8.1980) zu entnehmen ist, können derartige Neutralteilchen durch Abknicken des Ionenstrahls zu einem wesentlichen Anteil am Auftreffen auf der Probe gehindert werden.

20 Folgende Störkomponenten können jedoch weder durch die elektronische Randausblendung ("Gate") noch durch einen Ionenstrahlknick eliminiert werden:

1. Schnelle Neutralteilchen, die erst nach dem Ionenstrahlknick entstehen,
- 25 2. Ionen aus weitreichenden Ausläufern des Ionenstrahls (abhängig von den Fokussierungsbedingungen) und
- 30 3. Elektronen aus einem simultan auf die Probe gerichteten Elektronenstrahl, mit dem Aufladungen der Probe durch den Ionenstrahl vermieden werden sollen ("Kompensation" von Aufladungen bei Isolatoren und Halbleitern).

- 3 - VPA 81 P 7081 DE

gen (Dotierstoffatomen u. a.) beeinträchtigenden Komponenten, daß sie unerwünschte Signalanteile aus dem Bereich des Kraterrandes oder der Umgebung des Kraters ausslösen.

5

Die Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, besteht in der Vermeidung unerwünschter Meßsignale und damit in der Eliminierung des Kraterrandes und seiner Umgebung.

- 10 Diese Aufgabe wird bei einer wie eingangs genannten, elektrisch leitenden Probenhalterung gelöst, die erfindungsgemäß gekennzeichnet ist durch einen, die Probe aufnehmenden Probenteller, der bezüglich seiner, dem Ionenstrahl zugewandten Oberfläche so beschaffen ist,
- 15 daß die Probe umgebungs frei voll im Inneren des vom Ionenstrahl getroffenen oder überstrichenen Bereiches angeordnet ist. Auf diese Weise kommen die Umkehrpunkte der Ionenstrahlbewegung beim Rastern und damit der "Kraterrand" außerhalb der Grenzen der Probe zu liegen.
- 20 Signalbeiträge aus der Umgebung der Probe, also auch des Kraterrandes werden dadurch eliminiert, daß die Probe im Prinzip trägerfrei vor einem Loch im Probenteller montiert wird. Dadurch treffen die bei 1. bis 3. genannten Primärteilchen in der Umgebung der Probe keine
- 25 Festkörperoberfläche, sondern gelangen nach Durchtritt durch das Loch in ausreichender Entfernung auf eine Fläche, von der das Massenspektrometer keine Meßsignale mehr akzeptiert.

30 Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind aus den Unteransprüchen zu entnehmen.

Im folgenden wird auf die in der Zeichnung befindlichen Figuren 1 bis 4 Bezug genommen, aus denen weitere Vor-  
35 teile der Erfindung zu entnehmen sind. Dabei zeigen

die Figuren 1 und 2 schematisch im Schnittbild zwei ver-

- 4 - VPA 81 P 7061 DE

schiedene Ausführungsformen von Probenhalterungen,

die Figur 3 eine Draufsicht auf die Probenhalterung gemäß Figur 2 und

die Figur 4 ein mit einer erfindungsgemäßen Probenhalterung aufgenommenes Tiefenprofil von ionenimplantiertem Bor in Silizium.

In der Figur 1 ist eine Probenhalterung dargestellt, bei der der Probenteller 2 aus zwei Teilen 3 und 4 z. B. aus Aluminium besteht. Diese Teile 3 und 4 sind konzentrisch zueinander angeordnet. Das innere Teil 3, welches die zu analysierende Probe 5 trägt, besteht aus einem Podest, welches sich in einen U-förmig gebogenen Haltearm 6 fortsetzt, wobei der Haltearm 6 an seinem, der Probenauflagefläche 3 entgegengesetztem Ende durch eine Schraube 7 mit dem äußeren Teil 4 des Probentellers 2 elektrisch und mechanisch fest verbunden ist. Die Probenauflagefläche 3 ist bezüglich ihrer räumlichen Ausdehnung kleiner als die Probenoberfläche 5 (Probengröße z. B. 1 mm x 1 mm), die vom Ionenstrahl 8 überstrichen wird. Signalbeiträge aus der Umgebung der Probe 5 werden dadurch eliminiert, daß die Probe 5 im Prinzip trägerfrei vor einem Loch 9 im Probenteller 2 montiert wird.

Die Oberfläche der Probe 5 befindet sich in der selben Ebene wie die Oberfläche des umgebenden Halterungsteiles 4. Dadurch wird bei gleichem elektrischem Potential beider Teile 4 und 5 im Raum zwischen Probenteller und Mattenspektrometer der selbe elektrische Feldverlauf angenähert, wie er sich bei Vorhandensein eines ebenen Probentellers ohne Loch (herkömmliche Bauweise) ergibt. Praktisch kann es vorteilhaft sein, die Oberfläche der Probe 5 um einen geringen Betrag vor die Vorderebene des Teiles 4 vorstehen zu lassen, um ein Belegen der

21.07.81

8

- 5 - VPA 81P 70810E

Probenoberfläche 5 mit von Teil 4 abgesputterten Material während der Proben- und Gerätejustierung ausschließen zu können. Ebenso kann es zweckmäßig oder erforderlich sein, die Teile 4 und 5 auf unterschiedliche elektrische 5 Potentiale zu legen, um z. B. bei schlecht leitfähigen Proben während des Beschusses mit Ionen und gegebenenfalls auch Elektronen die gewünschte Feldverteilung zu erzielen. In diesem Falle wäre der Haltearm 6 mit dem Halteteil 4 über ein hier nicht gezeichnetes Isolierstück mechanisch 10 zu verbinden und elektrisch getrennt zu kontaktieren.

Das gleiche Prinzip gilt auch für die in Figur 2 und 3 dargestellte Ausführungsform. Hier hat das Loch 9 nur eine geringe Tiefe von ca. 5 mm. Die Probe 5 wird dabei 15 auf einem, in der Mitte des Probentellers 12 angeordneten Stift 13 leitend aufgeklebt, wobei der Stift 13 über eine Justierschraube 16 durch eine, den Probenteller 12 tragende Grundplatte 15 geführt und axial in der Höhe verschiebbar ist. Auch hier ist die flächenmäßige Aus- 20 dehnung der Probe 5 größer als das stiftförmige Podest 13, welches die Probe 5 trägt. Die Berandung des sogenannten Loches 9 bildet der äußere Probenteller 14. Die durch die Anordnung der beiden Teile 13 und 14 im Probenteller 12 entstehende Vertiefung (9) ist mit einer gegen- 25 über der Grundplatte 15 und dem äußeren Randbereich 14 elektrisch isolierten Metallverkleidung 17 z. B. aus Edelstahl oder Aluminium versehen, die im Bereich des Zentrierstiftes 13 am Boden des Probentellers 12 unterbrochen ist. Die Probe 5 liegt bei dieser Ausführungs- 30 form auf demselben Potential wie der Teil 14 des Probentellers 12, der die Berandung des Loches 9 bildet. Durch wird annähernd die gleiche Feldverteilung in dem Raum zwischen Probe 5 und Massenspektrometer sichergestellt wie bei den bekannten Probenhalterungen.

35

Die Metallverkleidung kann gegenüber dem Probenteller 12 (Teil 13 und 14) auf ein geeignetes Potential gelegt

21.07.81

9

- 8 - VPA 81 P 7081 DE

werden, um Sekundärionen vom Boden des Loches 9 am Verlassen des Loches 9 zu hindern. Mit dem Bezugszeichen 18 sind Isolierscheiben bezeichnet. Es ist auch möglich, den Lochdurchmesser durch Einlegen von Blenden zu vermindern.

In Figur 3 sind die gleichen Bezugszeichen verwendet wie in Figur 2.

10 In Figur 4 ist der Konzentrationsverlauf von ionenimplantiertem Bor (Dosis  $10^{16} \text{ cm}^{-2}$ , Energie 70 keV) in einer Siliziumkristallscheibe aufgetragen. Dabei dient als Abszisse die Tiefe ( $\mu\text{m}$ ) und als Ordinate die Impulsrate (Impulse/s) des Meßsignals von  $\text{M}_{\text{B}}^+$ . Die Messung 15 erfolgt unter Verwendung eines  $\text{O}_2^+$ -Ionenstrahls (12 keV,  $2 \mu\text{A}$ ).

Dieses "Tiefenprofil" zeigt einen Verlauf des Bor-Signals über fast 6 Dekaden vom Maximum bis zum konstanten Signaluntergrund.

Eine derartig hohe Dynamik wurde bisher an einem baugleichen Gerät, jedoch mit herkömmlicher Probenhalterung, lediglich von Wittmaack und Clegg (siehe Beschreibungen 25 einleitung) erreicht, jedoch waren hierzu ein erheblicher Optimierungsaufwand und sehr gute Vakuumbedingungen erforderlich. Demgegenüber wurde die vorgelegte Messung (siehe Figur 4) bei einem routinemäßig und rasch erreichbaren Totaldruck von größer als  $10^{-6} \text{ Pa}$  ( $\sim 10^{-8} \text{ Torr}$ ) und 30 ohne aufwendige Optimierung durchgeführt. Zusätzlich war die gemessene Probe simultan mit einem Elektronenstrahl (30 mA, 500 eV) beschossen worden, um Aufladungseffekte zu minimalisieren. Unter diesen Bedingungen wird bei der bislang üblichen Halterungs- und Untersuchungstechnik auch die Probenoberfläche in der Umgebung des Sputterkraters von Elektronen getroffen und kann einen unerwünschten Signaluntergrund bewirken, den die Meßkurve

07-01

3128814

10

-1- VPA 81 P 70810E

z. B. schon vier bis fünf Größenordnungen unterhalb des Maximums erreicht.

10 Patentansprüche

4 Figuren

3128814

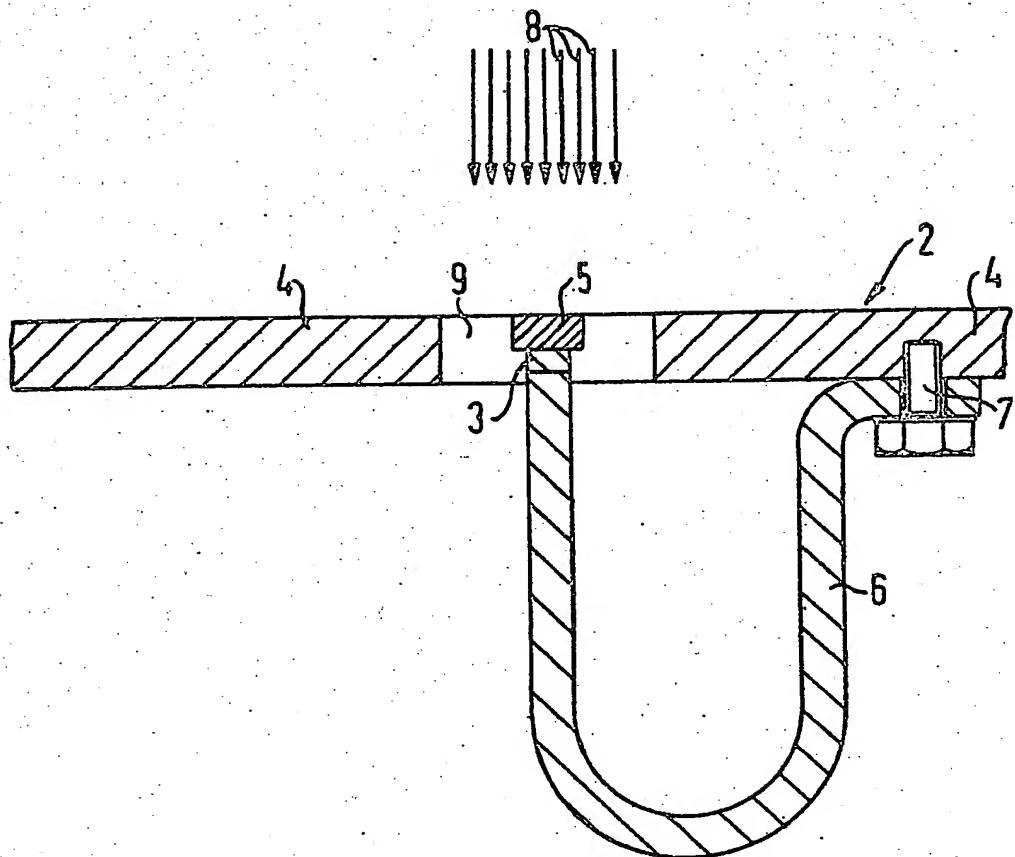
-13-

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3128814  
G 01 N 23/225  
21. Juli 1981  
10. Februar 1983

1/3 81 P 7081 DE

FIG 1



21.07.81

3128814

-11-

2/3 81 P 7081 DE

FIG 2

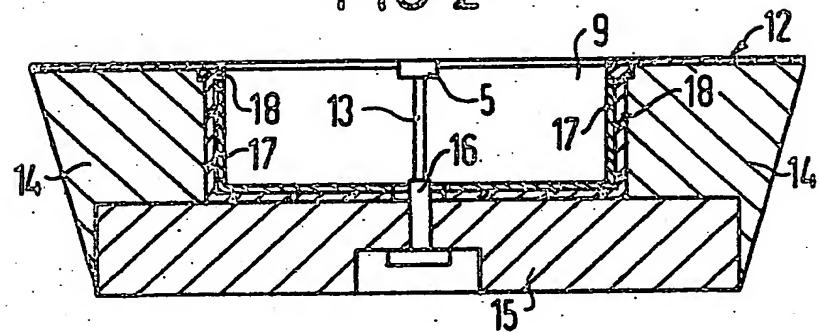
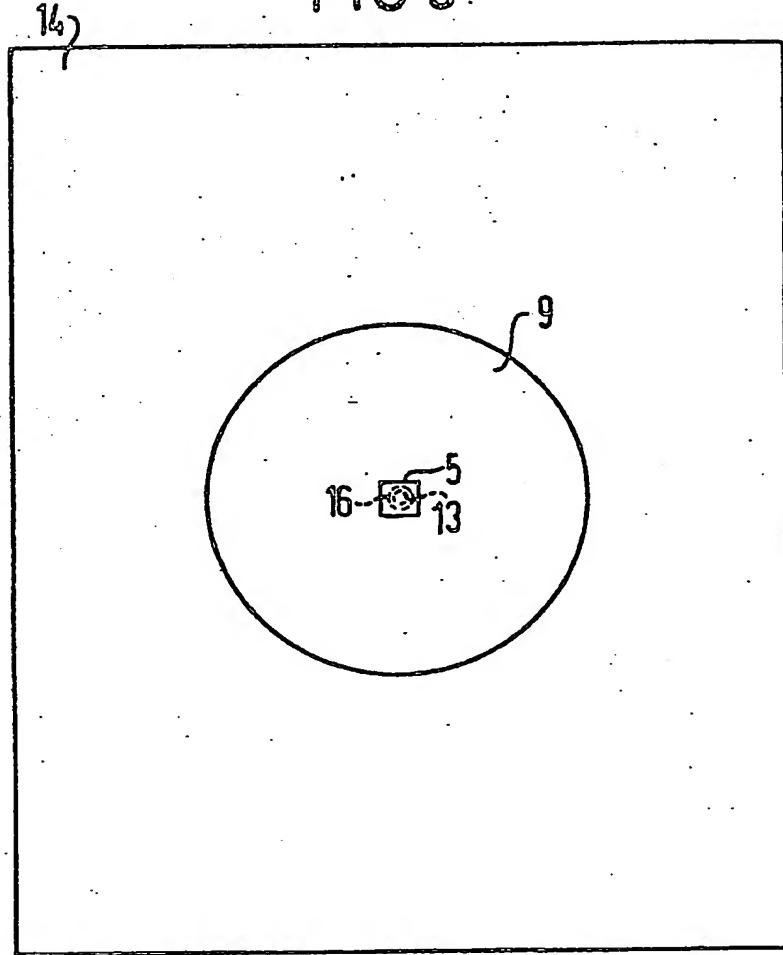


FIG 3



3128814

21.07.81

-12-

3/3 81P 7081 DE

FIG 4

